

OA02

KAJIAN REGULASI UNTUK PEDOMAN KESELAMATAN RADIASI TENORM PADA INDUSTRI PERTAMBANGAN TIMAH DI INDONESIA

Liya Astuti¹, Nurhadiansyah²,

^{1,2}*Pusat Pengkajian Sistem dan Teknologi Pengawasan Fasilitas Radiasi dan Zat Radioaktif BAPETEN*

e-mail: ¹l.astuti@bapeten.go.id, ²n.nurhadiansyah@bapeten.go.id

ABSTRAK

KAJIAN REGULASI KESELAMATAN RADIASI TENORM PADA INDUSTRI PERTAMBANGAN TIMAH DI INDONESIA Telah dilakukan penelaahan literatur untuk mengkaji keselamatan radiasi terkait TENORM (*Technologically Enhanced of Naturally Occurred Radioactive Materials*) di industri pertambangan timah. Industri pertambangan timah sebagai salah satu penghasil logam utama di Indonesia berpotensi menghasilkan paparan radiasi dari TENORM. Bangka merupakan penghasil timah utama di Indonesia. Selain keuntungan yang dihasilkan, terdapat potensi bahaya radiasi dari potensi TENORM dalam kegiatan pertambangan Timah. Selama ini peraturan mengenai TENORM telah diatur melalui Peraturan Kepala BAPETEN nomor 9 Tahun 2009, yang di dalamnya memuat mengenai analisis keselamatan radiasi yang merupakan kewajiban penghasil TENORM. Belum ada regulasi atau panduan spesifik untuk melaksanakan analisis keselamatan radiasi. Makalah ini menelaah karakteristik dalam industri pertambangan timah, utamanya pemrosesan mineral yang akan menjadi dasar disusunnya pedoman melakukan analisis keselamatan radiasi. Diperoleh hasil bahwa bahwa diperlukan adanya pedoman rinci mengenai bagaimana melakukan analisis keselamatan radiasi dengan survei penilaian resiko radiasi TENORM sebagai salah satu tahapannya. Aspek yang perlu dipertimbangkan dalam melakukan survei yaitu lokasi survei, sifat mineral dan pertambangan timah, persepsi masyarakat, standar dan norma yang berlaku di masyarakat dan praktik internasional yang dapat dijadikan acuan.

Kata kunci: keselamatan radiasi, TENORM, pertambangan, timah.

ABSTRACT

A literature review on safety assessment in tin mining industry has been conducted. Tin mining industry, as one of the ultimate mining industry in Indonesia has potential radiation exposure due to the TENORM, despite the profit obtained from the mining process. So far, the regulation on TENORM has been regulated in BAPETEN Chairman Regulation No. 9/2009, which contains the impact of safety which is the producer of TENORM. However, there are no specific regulations or guidelines for conducting the radiation safety analysis. This paper examines the characteristics in the tin mining industry, minerals that will form the basis for the drafting of the guidelines. The review also results in the aspects to be considered during the survei in determining the radiation risk, which will construct the radiation safety analysis document. Factors need to be considered in implementing the survei are the survei location, mineral and tin properties, societal understanding, standards and norms applicable in the society and international practice to be referenced in the guidance.

Keywords: radiation safety, TENORM, mining, tin.

PENDAHULUAN

Timah merupakan salah satu komoditi industri pertambangan yang terbesar di Indonesia. Salah satu pelaku industri pertambangan timah Indonesia yaitu PT Timah, Tbk[1]. Di balik manfaat ekonomi dari industri pertambangan timah, terdapat potensi bahaya. Salah satunya yaitu paparan radiasi dari *Technologically Enhanced of Naturally Occurred Radioactive Materials* (selanjutnya disingkat TENORM) yang dihasilkan dari pemrosesan timah.

Kegiatan dalam pertambangan timah yang potensial menambah paparan antara lain di *tailing*. Limbah timah memiliki aktivitas spesifik yang rendah namun memiliki volume yang besar, sehingga potensi terbesar dari kontaminasi limbah timah dapat berasal dari jalur eksternal melalui peralatan yang terkontaminasi radionuklida, maupun jalur internal jika terhirup atau tertelan. Personil yang terlibat

langsung dalam kegiatan industri pertambangan dapat terkena dampak dari TENORM. Oleh karena itu perhatian khusus diperlukan untuk melindungi pekerja dan masyarakat yang beraktivitas di area ini.

BAPETEN dalam menjamin keselamatan pekerja, masyarakat dan lingkungan telah menetapkan peraturan Kepala BAPETEN nomor 9 tahun 2009 mengenai intervensi terhadap paparan yang berasal dari TENORM (selanjutnya disingkat Perka 9/2009). Dalam peraturan tersebut penghasil TENORM dipersyaratkan untuk melakukan analisis keselamatan radiasi[3]. Namun demikian, belum ada regulasi atau panduan spesifik mengenai bagaimana melakukan analisis keselamatan radiasi, dan lebih spesifik lagi di industri pertambangan timah.

Makalah ini sendiri bertujuan untuk mengkaji kebutuhan disusun dan diterbitkannya pedoman

melakukan analisis keselamatan radiasi bagi penghasil TENORM di industri pertambangan timah.

METODOLOGI

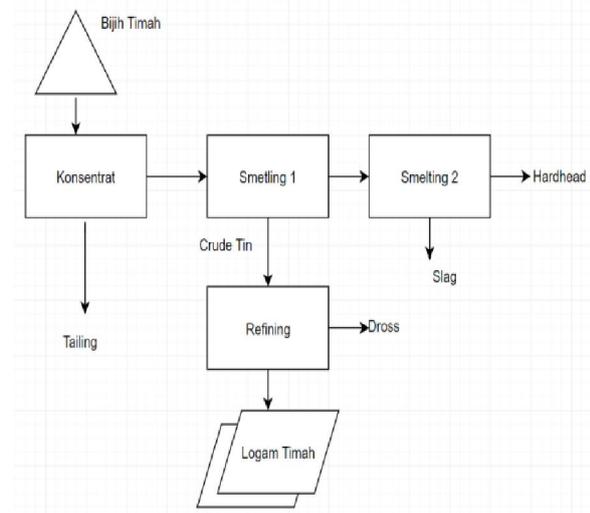
Metodologi yang dilakukan dalam makalah ini yaitu telaahan terhadap dokumen peraturan BAPETEN mengenai TENORM dan intervensinya. Selain itu, dilakukan juga studi literatur dengan substansi TENORM di industri pertambangan timah.

Analisis dilakukan dan kesimpulan diambil berdasarkan kebutuhan adanya panduan dan regulasi terkait proteksi radiasi, TENORM, dan pelaksanaan analisis keselamatan radiasi di bidang industri pertambangan timah.

TINJAUAN LITERATUR

TENORM dari industri Pertambangan Timah

Proses produksi timah diawali dengan pemrosesan bijih timah menjadi konsentrat melalui proses *washing*/pencucian, *screening*, *gravitationseparation*, *milling* dan *floatation separation* dengan hasil sampingan berupa *tailing*. Konsentrat akan diproses di *smelting* awal, yang akan menghasilkan *crude tin* untuk selanjutnya dimurnikan menjadi logam timah. Sementara proses *smelting* lanjutan akan menghasilkan *tin slag* [13,14]. Untuk lebih jelasnya, proses pengolahan timah pada industri pertambangan timah dapat dilihat di gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1. Proses pengolahan timah secara umum, dalam industri pertambangan timah

TENORM yang dihasilkan dari industri pertambangan timah memiliki volume yang besar dan aktivitas rendah. TENORM tersebut merupakan hasil sampingan dari kegiatan industri pertambangan timah berupa *tin slag*, monazite, xenotime dan mineral lainnya. Hasil samping tersebut mengandung zat radioaktif Th-228, Ra-228, Ra-226, dan K-40.

Sampel dari amang (sebutan untuk *tin slag* dalam industri pertambangan timah di Malaysia) menunjukkan nilai konsentrasi aktivitas melebihi tingkat intervensi [9] terutama untuk monazite dan xenotime, sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Radionuklida dalam monazite dan xenotime dalam sampel amang (sumber IAEA, 2011)

	Konsentrasi aktivitas (Bq/g)	
	Th-232 atau Ra-228	U-238 atau Ra-226
Monazite [10]	67-370	12-46
Xenotime	13-200	37-247
Zircon	1-88	4.8-62
Ilmenite	0.06-10.5	0.07-8.2
Campuran rutile, timah oksida [11]	0.25	0.44
Timah oksida, 72 % [11]	0.02	0.04
Struverite	7.7	29
Turmalin [11]	2.3	0.99
Wolframite [11]	0.03	0.23

Sementara, dari hasil penelitian BATAN di PT Timah TBK dan PT Kobatin untuk mengambil unsur tanah jarang dari monazite, diperoleh produk RE_2O_3 . Dari tabel 1 terlihat bahwa ada kandungan radionuklida di produk tersebut, dengan konsentrasi radionuklida melebihi tingkat intervensi (1 Bq/g).

Tabel 2. Kandungan Radionuklida dalam produk RE_2O_3 (sumber : BATAN)

Radionuklida	Konsentrasi (Bq/g)	Nilai tingkat intervensi
U	-	1 Bq/gr atau
Th	0.848±0.004	
Ra-226	1.780±0.01	
Ra-228	10.779±0.037	
K-40	0.825±0.022	

Kontaminasi di dalam proses pengolahan dan penyimpanan limbah timah juga berpotensi menimbulkan paparan terhadap pekerja di industri pertambangan timah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Asrul, dalam limbah timah terkandung rata-rata Ra-226 sebanyak 4.63 Bq/gr dan Th-228 sebanyak 17.13Bq/gr [6]. Hasil konsentrasi dalam sampel limbah timah ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 3. Kandungan Radionuklida dalam produk RE_2O_3 (sumber : Asrul, 2006)

No.	Sampel	Nuklida induk	Konsentrasi (Bq/gr)	Nilai tingkat intervensi
1.	Tin Slag	Th-2268	17.127±0.133	1 Bq/gr
		Ra-226	4.629±0.094	

Selain itu, penimbunan dan *land spreading* juga dikaitkan dengan paparan terhadap pekerja dan masyarakat mengingat adanya paparan potensial dan

terhirupnya radon dari lokasi industri pertambangan timah. Dalam *Safety Report Series* No. 68 disebutkan bahwa dosis tahunan yang diterima oleh pekerja sekitar 4 mSv tapi lebih tinggi dibandingkan di operasi terdahulu [9], sedangkan total dosis efektif yang diterima oleh masyarakat dari jalur eksternal dan internal mencapai 5.14 mSv [15]. Dosis Jadi, selain aspek kontaminasi pekerja saat pengolahan timah, aspek pembuangan limbah TENORM juga perlu diperhatikan terkait kontaminasinya terhadap masyarakat dan lingkungan.

Perka BAPETEN Nomor 9 tahun 2009

Pengawasan terhadap TENORM telah diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 33 Tahun 2007 tentang keselamatan radiasi pengion dan keamanan sumber radioaktif. Dalam Pasal 50 dinyatakan bahwa setiap orang atau badan yang karena kegiatannya dapat menghasilkan mineral ikutan berupa TENORM harus melaksanakan intervensi terhadap terjadinya paparan yang berasal dari TENORM melalui tindakan remedial. Pasal tersebut menjadi salah satu dasar ditetapkannya Perka 9/2009.[2]

Lebih spesifik lagi, TENORM di atas diatur dalam Peraturan Kepala BAPETEN No. 9 Tahun 2009 tentang Intervensi Terhadap Paparan Yang Berasal Dari *Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material* (TENORM). Pasal 4 dalam Perka 9/2009 mewajibkan kepada penghasil TENORM untuk melakukan analisis keselamatan radiasi untuk TENORM pada setiap lokasi TENORM yang dimiliki atau berada di dalam wilayah penguasaan penghasil TENORM. [3]

Industri pertambangan timah termasuk ke dalam subyek pengawasan TENORM, mengingat dalam Perka 9/2009 disebutkan beberapa kegiatan yang berpotensi menghasilkan TENORM, yaitu: kegiatan di bidang energi dan sumber daya mineral; dan industri. Kegiatan di bidang energi dan sumber daya mineral sendiri dapat meliputi meliputi penambangan, pengolahan, dan pemurnian pada : mineral logam, mineral bukan logam, dan batu bara.

Analisis keselamatan radiasi untuk TENORM yang dimaksud di dalam Perka 9/2009 dapat meliputi paling sedikit : jenis dan proses kegiatan yang dilaksanakan, jumlah dan kuantitas TENORM, jenis dan tingkat konsentrasi radionuklida, dan paparan radiasi dan/atau kontaminasi tertinggi di permukaan TENORM. Laporan analisis diserahkan ke BAPETEN untuk dilakukan penilaian oleh BAPETEN berdasarkan tingkat intervensi.

Tingkat intervensi yang ditetapkan oleh BAPETEN sendiri dinyatakan dalam jumlah atau kuantitas TENORM paling sedikit 2 (dua) ton dan tingkat kontaminasi ≤ 1 Bq/cm² dan/atau konsentrasi

aktivitas sebesar 1 Bq/gr untuk tiap radionuklida anggota deret uranium dan thorium; atau 10 Bq/gr untuk kalium.

Dalam Perka 9/2009 tersebut sudah disebutkan mengenai komponen yang perlu dicantumkan di dalam laporan analisis keselamatan radiasi dan jangka waktu penilaian oleh BAPETEN. Namun demikian, Perka 9/2009 belum menjelaskan secara rinci mengenai bagaimana menentukan jenis dan tingkat konsentrasi aktivitas radionuklida dan tingkat kontaminasi dan/atau kontaminasi tertinggi di permukaan TENORM, khususnya di industri pertambangan timah.

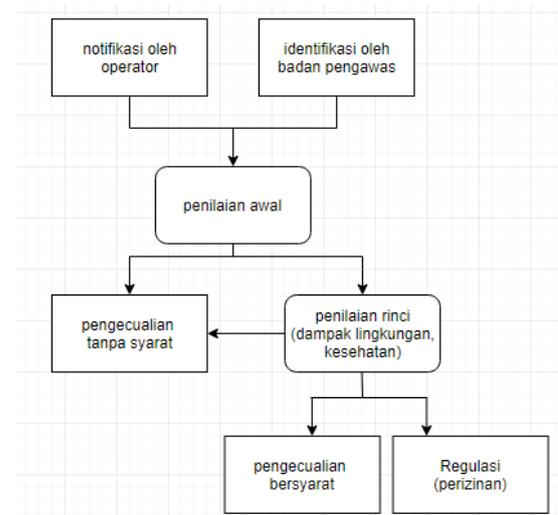
HASIL DAN PEMBAHASAN

Regulasi TENORM dari industry Pertambangan Timah di Australia

Secara umum, Australia dalam mengatur TENORM menerapkan pendekatan berjenjang terhadap pengawasan, di mana diasumsikan bahwa tindakan pengawasan harus sebanding dengan resiko radiasi atau menerapkan prinsip ALARA. Badan pengawas di Australia mengirim notifikasi kepada penghasil TENORM untuk mengadakan survei atau *screening* bilamana diperlukan.

Hasil dari penilaian *screening* akan menentukan apakah penghasil TENORM mendapatkan “keluaran berupa exemption tanpa syarat (*unconditional exemption*), exemption bersyarat (*conditional exemption*) dengan penilaian berkala, dikenai persyaratan izin dan/atau penyusunan rencana manajemen TENORM. [4]

Secara lebih jelas, skemanya ditampilkan dalam gambar 2 :



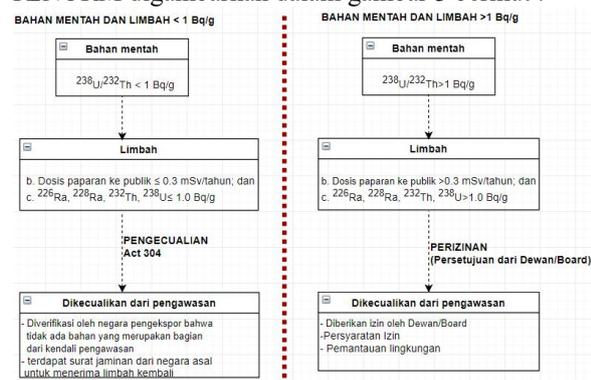
Gambar 2. Skema manajemen NORM di Australia (sumber : Australian Government, 2008)

Dalam skema tersebut, penentuan jenis dan tingkat dosis yadasi yang diterima oleh pekerja dan masyarakat dilakukan di proses *screening*, yang dilanjutkan dengan penilaian yang lebih detail seperti analisis dampak lingkungan dan analisis dampak kesehatan baik terhadap pekerja maupun masyarakat.

Dalam panduannya, Australia menyebutkan bahwa persepsi publik merupakan isu yang penting dalam menangani masalah TENORM. Sehingga, dalam melakukan survei perlu dilakukan komunikasi terbuka dengan pekerja di industri pertambangan timah maupun masyarakat sekitar yang akan dianalisis dampak radiasinya.

Regulasi Tenorm Industri Pertambangan timah di Malaysia

Di Malaysia, TENORM dalam timah juga dihasilkan dari *tin slag*, yang disebut dengan amang dan diberlakukan sebagai limbah radioaktif. Untuk pengolahan dan pembuangan limbah yang mengandung NORM, penghasil TENORM dibelakukan sebagai subyek izin. Perizinan untuk TENORM digambarkan dalam gambar 3 berikut :



Gambar 3. Diagram alir penerapan pengawasan untuk bahan tambang dan pembuangan limbah TENORM di Malaysia (sumber : Teng Yiu Lin, 2008)

Atomic Energy Licensing Board (AELB) Malaysia mewajibkan penghasil TENORM untuk memenuhi persyaratan perizinan. Sebelum mendapatkan izin, ada beberapa dokumen yang harus dipenuhi, di antaranya *Radiological Impact Assessment (RIA)*, *Radiation Protection Program* dan *monitoring program*. Secara umum tingkat intervensi untuk TENORM di Malaysia berdasarkan konsentrasi aktivitas sama dengan tingkat intervensi di Indonesia. [5]

Pedoman Analisis Keselamatan Radiasi di Industri Pertambangan Timah

Mengacu pada praktik di beberapa negara, Penulis menyimpulkan bahwa diperlukan pedoman khusus untuk analisis keselamatan radiasi TENORM di industri pertambangan timah. Hal tersebut dituangkan dalam pedoman yang sifatnya lebih teknis dibandingkan dengan peraturan sehingga dapat diacu oleh pekerja di industri pertambangan timah secara lebih spesifik dan terperinci. Di dalamnya harus

tercantum kriteria untuk pelaksanaan survei awal dalam menentukan tingkat radioaktivitas di industri pertambangan timah.

Dalam penyusunan pedoman ini, perlu juga dipertimbangkan standar, norma, dan praktek internasional yang diadaptasikan untuk kondisi Indonesia. Hal ini diharapkan agar penghasil TENORM dapat menjamin adanya pengendalian yang memadai untuk mencegah kontaminasi ke lingkungan, dan melindungi keselamatan pekerja dan masyarakat. Penerimaan atau persepsi publik terhadap pembangunan fasilitas disposal juga perlu diperhatikan dan dituangkan ke dalam pedoman untuk mengantisipasi persepsi negatif yang mungkin terjadi, sebagaimana yang dipertimbangkan oleh Australia.

Keselamatan Radiasi TENORM Di Industri Pertambangan Timah

Untuk menentukan resiko radiasi yang diterima oleh pekerja di industri pertambangan timah maupun oleh masyarakat, maka perlu dilakukan penentuan resiko radiasi TENORM. Bunawas dalam makalahnya merekomendasikan tahapan penilaian resiko radiasi TENORM yang dapat diaplikasikan ke dalam survei dan dijadikan panduan bagi penghasil TENORM dalam melakukan analisis keselamatan radiasi dan menyusun laporan analisis keselamatan radiasi [7]. Penilaian berdasarkan analisis resiko juga disarankan dalam *activity report of TENORM task group* dari negara Australia.

Tahapan penentuan resiko radiasi terkait TENORM tersebut dapat meliputi survei untuk *screening*, seperti yang dilakukan oleh Australia, pengambilan sampel TENORM dan komponen lingkungan, analisis laboratorium untuk menentukan jenis radionuklida di dalam sampel TENORM, perkiraan dosis yang diterima oleh pekerja di industri pertambangan timah dan masyarakat, dan penentuan resiko radiasi berdasarkan perkiraan dosis yang diterima.

Aspek survei lainnya yang perlu dimasukkan ke dalam pedoman yaitu lokasi potensial untuk penumpukan TENORM bisa di penyimpanan bijih, lokasi pemrosesan untuk menghasilkan konsentrat, tempat penyimpanan akhir *tin slag*, dan tempat *tailing*.

Untuk menentukan lokasi yang harus disurvei, perlu diingat bahwa karakteristik industri pertambangan logam satu dengan logam yang lainnya dapat berbeda. Pertambangan timah dapat bersifat terbuka atau tertutup di dalam tanah. Untuk timah yang pertambangannya terbuka di Indonesia, maka ketika melakukan survei harus diantisipasi untuk menghindari kontaminasi di tapak akibat sebaran mineral timah yang mengandung radioaktif.

Sifat *tailing* sendiri bergantung dari asal logam tersebut; bijihnya, apakah teroksidasi atau tidak. Demikian juga dengan contoh ukuran *tailing*. Ukuran dapat bergantung pada proses pengolahan menjadi konsentrat atau dalam proses *smelting*. Pembuangan *tailing* sendiri biasanya dipompa atau disalurkan secara gravitasi ke daerah pantai *tailing (subaerial despositon)*. Dengan demikian, bila perlu dilakukan survei di area ini.

KESIMPULAN

Perlu disusun pedoman analisis keselamatan radiasi TENORM di industri pertambangan timah. Di dalamnya kriteria melakukan analisis keselamatan radiasi. Laporan analisis keselamatan radiasi ini nantinya akan dievaluasi oleh BAPETEN sesuai dengan tata cara yang berlaku berdasarkan Perka 9/2009.

Pedoman Analisis Keselamatan Radiasi di industri pertambangan timah paling kurang memuat survei untuk mengukur paparan radiasi dengan mempertimbangkan karakteristik khusus dari mineral timah dan lokasi survei.

Dalam melakukan analisis keselamatan radiasi, Australia menerapkan pentingnya persepsi publik dan komunikasi terbuka terkait TENORM. Hal ini dapat menjadi contoh untuk diterapkan di Indonesia mengingat perlunya pertimbangan aspek sosial dan ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wisnubroto, Djarot S, 2005, Implementasi BSS pada pengelolaan NORM-TENORM, PPLR BTAN, ISSN 0216-3218
2. BAPETEN, 2007, Peraturan Pemerintah nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif
3. BAPETEN, 2009, Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 9 Tahun 2009 Tentang Intervensi Terhadap Paparan yang berasal dari *Technologically Enhanced Naturally Occuring Radioactive Material*
4. Australian Government, 2008, *Management of Naturally Occuring Radioactive Material-Radiation Protection Series Publication No. 15*
5. Teng Yiu Lin, 2008, *Regulatory Control of Milling of Minerals Containing Naturally Occuring Radioactive Materials (NORM) in Malaysia*, Atomic Energy Licensing Board (AELB)
6. Asrul, Rika Tiananda, 2006, Pengukuran Fraksi Leaching Radionuklida Alami Th-228 Dan Ra-226 Dalam *Tin Slag Dan Copper Slag*
7. Bunawas, Syarbaini, 2005, Penentuan Potensi Resiko TENORM pada industri non nuklir. Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir-BATAN
8. IAEA, 2011, *Safety Report Series no. 68, Radiation Protection And Norm Residue Management In The Production Of Rare Earths From Thorium Containing Minerals International Atomic Energy Agency, Vienna*, p 116
9. IAEA, 2011, *Safety Report Series no. 68, Radiation Protection And Norm Residue Management In The Production Of Rare Earths From Thorium Containing Minerals International Atomic Energy Agency, Vienna*, p 120
10. Azlina, M.J., Ismail, B., Samudi Yasir, M., Syed H.S., Khairuddin, M.K., 2003, *Radiological impact assessment of radioactive minerals of amang and ilmenite on future landuse using RESRAD computer code*, Appl. Radiat. Isot. 58 ,p 413-419
11. Omar, M., Sulaiman, I., Hassan, A., Wood, A.K., 2007, *Radiation dose assessment at amang processing plants in Malaysia*, Radiat. Prot. Dosim. 124 4 ,p 400-406.
12. Wisnubroto, Djarot S, 2005, Studi NORM dan TENORM dari Kegiatan Industri Non Nuklir, 'Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah' Volume 6 No. 2 Desember 2005 (ISSN:1410-9565)
13. Widaningsih, Anisa, 2013, <https://prezi.com/bjq0xjfabza6/proses-pengolahan-timah/>, diakses tanggal 1 Juli 2018
14. Ardra, <https://ardra.biz/sain-teknologi/mineral/pengolahan-mineral/pengolahan-bijih-timah/>, diakses tanggal 1 Juli 2018
15. Syarbaini, Iskandar, D.,Kusdiana, 2015, Perkiraan Dosis Radiasi Yang Diterima Publik Di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, BATAN

NO	Nama penanya	Kode Makalah	Nama Penyaji	Pertanyaan dan Jawaban
1.	Nur Rahmat Yusuf (BAPETEN)	OA02	Liya Astuti	<p>1. Dari kedua Negara yg ditampilkan dalam presentasi, manakah yg lebih sesuai untuk Indonesia?</p> <p>2. Menurut anda, apakah TENORM dalam peraturan kita sebaiknya dimasukkan dalam kategori hasil samping atau limbah?</p> <p>3. Peraturan seperti apakah yg perlu ditambahkan dalam pengelolaan dan pengawasan TENORM oleh BAPETEN?</p> <p>Jawab:</p> <p>1. Menurut pemahaman saya, Malaysia lebih sesuai/mirip dengan yg ada di Indonesia, pertimbangan kedekatan lokasi dan budaya.</p> <p>2. Menurut saya TENORM sebaiknya di kategorikan sebagai hasil samping, karena jika diekstrak / diproses lebih lanjut, ada yg masih bisa digunakan.</p> <p>3. Turunan peraturan berupa pedoman, instruksi kerja atau prosedur yg menjabarkan pasal-pasal dalam peraturan menjadi lebih rinci.</p>
2.	Joanne Salres (STTN-BATAN)	OA02	Liya Astuti (BAPETEN)	<p>1. Bagaimana penanggulangan/kelanjutan terhadap daerah pengecualian tanpa syarat? Sedangkan cadangan timah pada daerah tsb. cukup besar dan bernilai ekonomi?</p> <p>Jawab:</p> <p>1. Diberlakukan sebagai limbah radioaktif dan berlaku izin simpan. TENORMnya sendiri terdapatnya pada by-product/hasil sampingan, bukan pada timahnya. Namun jika dikecualikan tanpa syarat, berarti tidak dikenai persyaratan izin, dengan kata lain bebas dari pengawasan.</p>
3.	Dwy Ranita (UB)	OA02	Liya Astuti (BAPETEN)	<p>1. Bagaimana cara penanggulangan terhadap persepsi masyarakat dengan analisis proteksi radiasi pada industry?</p> <p>Jawab:</p> <p>1. Sepemahaman saya, masyarakat perlu dilibatkan dalam upaya proteksi radiasi melalui stakeholder engagement. Cara penanggulangannya melalui komunikasi public, dengan metode yg bermacam-macam, bergantung pada karakteristik masyarakatnya. Misalnya melalui workshop, meeting, sosialisasi, flyer, brosur, dll.</p>
4.	Firdy Yuana	OA02	Liya	Saran: penulisan satuan gram sebaiknya dituliskan

	(Fisika UB)		Astuti (BAPET EN)	dg symbol g. Karena jika dituliskan gr berarti grain, dimana 1 grain = 0,065 gram.
--	-------------	--	-------------------------	--